

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **ZAVRŠNI RAD**

**Domagoj Antić**

Zagreb, 2014. godina

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

prof.dr.sc. Joško Petrić

Student:

Domagoj Antić

Zagreb, 2014. godina

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečenaznanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se Bogu i svima ostalima koji su doprinjeli mome studiju na bilo koji način(a mnogo je bilo i ljudi i načina).

Domagoj Antić

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
POPIS TABLICA .....	III
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	IV
SAŽETAK .....	V
SUMMARY .....	VI
1. UVOD .....	1
2. HIDRAULIČKA PLATFORMA .....	2
2.1. Prikaz platforme .....	2
2.2. Osnovni dijelovi platforme .....	4
2.3. Upravljanje platformom .....	5
2.4. Hidraulička shema .....	8
3. NAPAJANJE I IZVRŠNI ELEMENTI .....	11
3.1. Hidraulička pumpa .....	11
3.2. Hidraulički motor .....	13
3.3. Jednoradni cilindar .....	14
3.4. Dvoradni cilindar .....	14
4. UPRAVLJAČKI ELEMENTI .....	15
4.1. Proporcionalni razvodnik 4/3 .....	15
4.2. Proporcionalni razvodnik 5/3 .....	16
4.3. Klasični razvodnik 4/2 .....	17
4.4. Klasični razvodnik 3/3 .....	17
4.5. Nepovratni ventil .....	18
4.6. Nepovratni ventil s hidrauličkom deblokadom .....	18
4.7. Ventil za ograničavanje tlaka .....	19
4.8. Tlačni ventil .....	19
4.9. Prigušnica .....	20
4.10. Naizmjenično zaporni ventil .....	20
5. DODATNI ELEMENTI .....	21
5.1. Spremnik ulja .....	21
5.2. Filter (sklop) .....	21
6. ZAKLJUČAK .....	22
LITERATURA .....	23
PRILOZI .....	24

## POPIS SLIKA

Slika 1.	Hidraulička platforma u gibanju .....	2
Slika 2.	Hidraulička platforma u procesu niveliranja .....	2
Slika 3.	Hidraulička platforma sklopljena .....	3
Slika 4.	Hidraulička platforma rasklopljena .....	3
Slika 5.	Ručice/poluge za upravljanje „gusjenicama“ .....	5
Slika 6.	Mehanizam za postavljanje stabilizatora .....	6
Slika 7.	Ticala za izvlačenje/uvlačenje stabilizatora .....	7
Slika 8.	Kružna libela .....	7
Slika 9.	Hidraulička shema upravljanja „gusjenicama“ .....	9
Slika 10.	Hidraulička shema upravljanja stabilizatorima .....	10
Slika 11.	Presjek aksijalno-klipne pumpe .....	11
Slika 12.	Shema aksijalno-klipne pumpe [3] .....	12
Slika 13.	Jednoradni cilindar vraćan oprugom (simbol) .....	14
Slika 14.	Dvoradni cilindar (simbol) .....	14
Slika 15.	Proporcionalni razvodnika 4/3 (simbol) .....	15
Slika 16.	Proporcionalni razvodnik 5/3 (simbol) .....	16
Slika 17.	Klasični razvodnika 4/2 (simbol) .....	17
Slika 18.	Klasični razvodnika 3/3 (simbol) .....	17
Slika 19.	Nepovratni ventil (simbol) .....	18
Slika 20.	Nepovratni ventil s hidrauličkom deblokadom (shema i simbol) .....	18
Slika 21.	Ventil za ograničavanje tlaka (simbol) .....	19
Slika 22.	Tlačni ventil (simbol) .....	19
Slika 23.	Fiksna i varijabilna prigušnica (simbol) .....	20
Slika 24.	Naizmjenično zaporni ventil (simbol) .....	20
Slika 25.	Sklopa filtera i nepovratnog ventila (simbol) .....	21

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1.	Karakteristike dizelskog motora Kubota D1005 [6] .....	4
Tablica 2.	Karakteristike hidrauličke pumpe [3].....	12
Tablica 3.	Karakteristike hidrauličkog motora [5] .....	13

## **POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

- 1            Hidraulička shema mobilne platforme

## SAŽETAK

Tema ovog rada je rekonstrukcija mobilne hidrauličke platforme proizvođača *Teupen*. Prikazane su sve upute potrebne za upravljanje platformom: za gibanje i nivelaciju. Priložena je cjelovita hidraulička shema te prikazan tok fluida za (nasumce) odabrano upravljanje platformom. Svi korišteni hidraulički elementi su objašnjeni uz njihovu funkciju rada opisana i njihova uloga u radu platforme. Sadržaj ovog završnog rada je podloga za budući projekt u kojem je cilj postojeće ručno hidrauličko upravljanje nadograditi ručnim električnim, a zatim i automatizirati proces nivelacije.

Ključne riječi: hidraulika, upravljanje, stabilizacija, nivelacija, hidraulička shema.



## **SUMMARY**

The theme of this work is the reconstruction of mobile hydraulic platform, manufacturer by Teupen. It shows all the instructions needed for platform control: the motion and levelling. Complete hydraulic diagram is attached and describe a fluid flow (randomly) selected to control the platform. All used hydraulic elements are explained - with the principle of operation is described and their role in the work platform. The content of this work is the basis for a future project that aims to existing manual hydraulic control upgrade with manual electric, and then automate the process of leveling.

Key words: hydraulics, control, stabilization, levelling (system), hydraulic scheme

## 1. UVOD

Odmah na početku se naglašava kako je navedeni završni rad dio ukupnog projekta koji izvodimo moj kolega (i prijatelj) Zvonimir Lažeta i ja.

Projektiranje hidrauličke platforme se temelji na rekonstrukciji stare mobilne platforme kojaće se ukratko opisati. Mobilna hidraulička platforma je hidraulički gusjeničar proizvođača *Teupen* proizveden 1998. godine, a sada u vlasništvo jedne hrvatske tvrtke za siguran rad na visinama. Navedeni stroj je stjecajem nesretnih okolnosti na jednom gradilištu bio zakopan 5 godina pod zemljom, u izrazito vlažnoj okolini (vrijeme od 5 godina je rezultat zabrane ikakvog otkopavanja stroja zbog trajanja sudskog procesa). Nakon iskopavanja, koje je izvelo nestručno osoblje, bilo je potrebno napraviti potpunu rekonstrukciju cijelog stroja. Dodatan je problem što rastavljanje nije bilo pod stručnim nadzorom, a sastavljanje nije izvršeno prema hidrauličkoj shemi. Tada je krenuo projekt provođenja potpune rekonstrukcije uklanjanja svih kvarova. Osim rekonstrukcije hidraulike koja omogućuje ručno/manualno upravljanje strojem, cilj je izraditi i paralelno električno upravljanje koje će u mnogo čemu olakšati korištenje stroja. Izradu električnog upravljanja će elaborirati Zvonimir Lažeta u svome završnom radu, a u ovom završnom radu će se prikazati svi koraci projektiranja hidraulike.

Cilj ovog rada je projektirati sve potrebno kako bi se navedenom platformom moglo hidraulički upravljati po pitanju kretanja i nivelacije platforme. Nivelacija je zapravo okosnica projekta jer pored ručnog upravljanja koje će biti opisano na slijedećim stranicama cilj je realizirati električno automatsko niveliranje koje će imati nekoliko prednosti nad ručnim stabiliziranjem. Glavna prednost je mnogo veća brzina automatskog niveliranja od ručnog, odnosno skraćeno je potrebno vrijeme procesa niveliranja.

Za upravljanje platformom je potrebno položiti ispit pod nazivom „rukovoditelj hidrauličke platforme“. Priprema za ispit se sastoji od 6 sati teorije i 30 sati prakse. Praksa se obavlja u tvrtci koja posjeduje navedene platforme uz prisustvo ovlaštenog rukovoditelja (radnika koji već posjeduje dozvolu za rukovođenje hidrauličkim platformama). Ispit se sastoji od teorijskih pitanja i praktičnog dijela. Preduvjeti za upis tečaja su: navršenih 18 godina, završena osnovna škola, potvrda liječnika o psihičkom i fizičkom zdravlju, ne postojanje akrofobije (straha od visine).

## 2. HIDRAULIČKA PLATFORMA

### 2.1. Prikaz platforme

Kao prvi korak razrade završnog rada su priložene sljedeće slike. Cilj je pomoć čitatelju u realizaciji vizualnog osjećaja i percepcije stvarnih gabaritnih mjera mobilne platforme. (Zanemarite naljepnice s brojevima na stabilizatorima.)

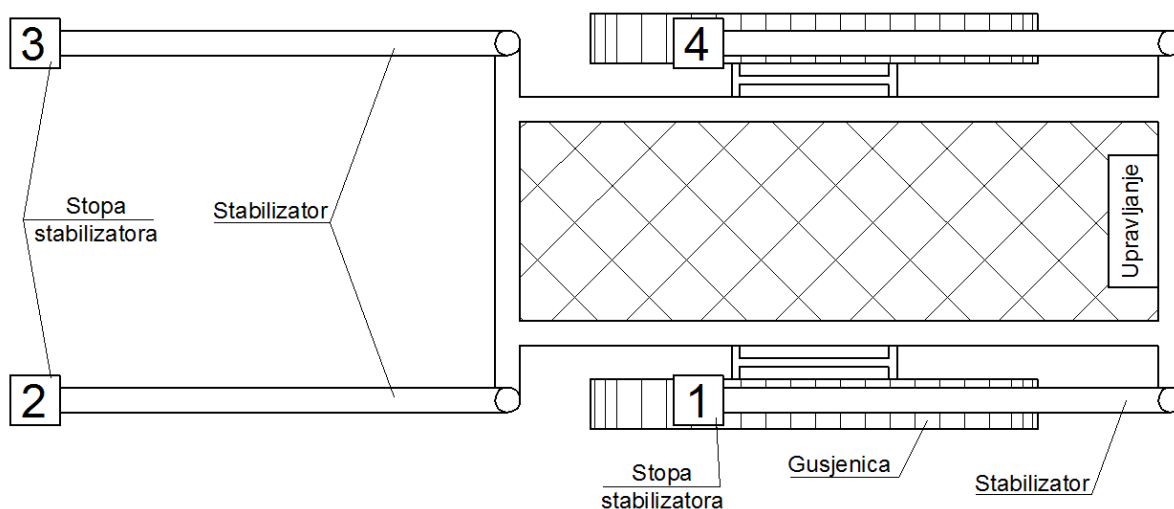


Slika 1. Hidraulička platforma u gibanju

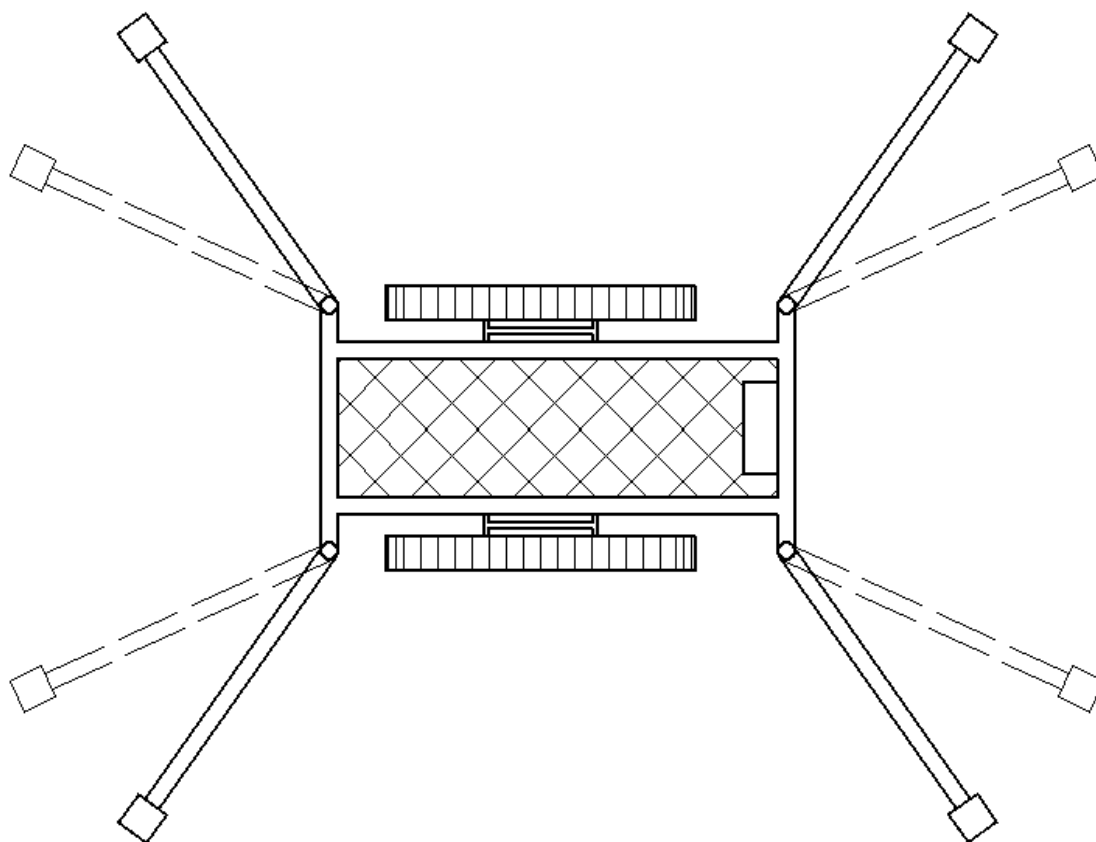


Slika 2. Hidraulička platforma u procesu niveliranja

Prije izrade hidrauličke sheme potrebno je vidjeti simbolički prikaz platforme u sklopljenom stanju i za vrijeme rada. Cilj je vizualizirati približan izgled platforme, odnosno pozicionirati mjesto upravljanja s kojeg upravlja čovjek (radnik/operator) te definirati položaj četiriju stabilizatora i dviju gusjenica.



Slika 3. Hidraulička platforma sklopljena



Slika 4. Hidraulička platforma rasklopljena

## 2.2. Osnovni dijelovi platforme

Konstrukcija platforme se neće razmatrati detaljno u ovom radu, ali vrijedi spomenuti kako se radi o masivnoj čeličnoj konstrukciji na kojoj su učvršćeni svi potrebni elementi. Težište platforme je veoma blizu geometrijske sredine što je jako bitno za funkciju platforme.

Platforma kao pogon koristi dizelski motor Kubota D1005 koji osigurava izvor energije za hidrauličku pumpu, a pumpa zatim napaja cijelo hidrauličko postrojenje. Platforma se pokreće s dva hidraulička motora od kojih svaki pokreće jednu tzv. „gusjenicu“. Zahvaljujući takvom načinu kretanja, platforma se prilagođava i najtežim terenima te omogućava rad i u okolnostima koje su daleko od uređenih površina poput cesta. Gusjenice su izrađene od gume, što dodatno doprinosi širokoj primjeni navedene platforme jer platforma svojim kretanjem ne oštećuje površinu po kojoj se kreće (taj problem nastaje kad su gusjenice metalne). Za niveliranje se koriste 4 stabilizatora u obliku dvoradnih cilindara. Upravljanje je ostvareno razvodnicima koji osim ručne aktivacije imaju mogućnost i upravljanja električnim signalom (to će biti iskorišteno u realizaciji električnog upravljanja). Sve komponente su povezane fleksibilnim hidrauličkim crijevima i adekvatnim spojevima.

Platforma mora ostati stabilna i u nekim nepredviđenim/neželjenim okolnostima kao primjerice prestanak rada hidrauličke pumpe (nedostatak goriva odnosno zaustavljanje agregata) ili pucanja hidrauličkog crijeva. Razlog zbog kojeg je ta stabilnost nužna leži u činjenici da se na ovu hidrauličku platformu spaja konstrukcija koja podiže čovjeka na visine od nekoliko desetaka metara, a u tim okolnostima se ne smije niti na koji način dopustiti da bilo koji kvar uzrokuje destabilizaciju platforme kao što bi se to primjerice dogodilo u slučaju nekontroliranog uvlačenja bilo kojeg od četiri stabilizatora. Sukladno navedenom, u sklopu dvoradnih cilindara (koji izvršavaju ulogu stabilizatora) ugrađeno je nekoliko hidrauličkih elemenata koji osiguravaju klip od nekontroliranih/neželjenih gibanja. Više o tim elementima i njihovim funkcijama je opisano u nastavku.

**Tablica 1. Karakteristike dizelskog motora Kubota D1005 [6]**

Izvedba	četverotaktni
Broj cilindara	3
Maksimalna brzina	3600 okr/min
Snaga	18,5 kW (25 KS)
Masa	93 kg
Potrošnja	2,5 L/h

### 2.3. Upravljanje platformom

Za rukovanje mobilnom platformom ove vrste potrebno je položiti tečaj upravljanja (manipulacije) hidrauličkim strojevima. Osoba, odnosno radnik, zadužen za upravljanje se treba pozicionirati pokraj upravljačkih komponenti (na prikazanoj skici, str. 3., se nalazi simbolički pravokutnik s oznakom „Upravljanje“ koji označava navedeno mjesto).

Gibanje platforme se ostvaruje preko dviju ručica od kojih svaka pokreće jednu „gusjenicu“. Ručice su postavljene horizontalno jedna do druge kako bi se vizualno stekao dojam koja ručica upravlja lijevom „gusjenicom“, a koja desnom. Podizanjem ručice prema gore platforma se kreće u smjeru udaljavanja od radnika, a spuštanjem ručice prema dolje prema radniku. Treba naglasiti kako radnik neprestano treba biti udaljen jedan korak od platforme (dovoljno da rukom može doseći ručice/poluge za upravljanje). Prilikom gibanja platforme unatrag radnik se treba neprestano kretati „korak ispred“ platforme (u cilju sprječavanja udaranja nogom o platformu). Ručice/poluge za pokretanje platforme su postavljene tako da se automatski vraćaju u središnji položaj u kojem platforma zaustavlja gibanje (na taj način će se platforma zaustaviti ako se radnik neželjeno spotakne ili uslijed nečeg drugog otpusti ručicu iz ruke). Ručice za gibanje su u neutralnom položaju postavljene horizontalno i imaju hod od približno 20 stupnjeva na svaku stranu. Mali otklon od neutralnog položaja rezultira sporim gibanjem platforme dok će maksimalni otklon omogućiti najveću raspoloživu brzinu platforme. Rotacija platforme u mjestu se ostvaruje pomakom ručica u međusobno suprotne strane (npr.: za rotaciju u desno treba desnu ručicu povući prema dolje, a lijevu prema gore). Ako se tijekom gibanja platforme želi ostvariti skretanje onda se smanjuje otklon one ručice u kojem smjeru se želi skrenuti.

Pored gore opisanih ručica postoji jedan ventil kojim se vrši odabir između dviju raspoloživih brzina gibanja platforme. Ako se platforma želi precizno negdje pozicionirati onda se ventil postavlja u položaj „1“ (položaj za sporije okretanje „gusjenica“), a ako se želi potpuno promijeniti položaj platforme onda se ventil postavlja u položaj „2“.

Maksimalna brzina platforme u režimu rada „1“ je 1,5 km/h, a u režimu rada „2“ je 3 km/h.



Slika 5. Ručice/poluge za upravljanje „gusjenicama“



Prije samog postupka stabiliziranja potrebno je stabilizatore postaviti u adekvatan položaj. Naime, tijekom transporta (na kamionu) i gibanja (na „gusjenicama“) stabilizatori su uvučeni i postavljeni uz platformu. Za stabilizaciju je potrebno stabilizatore zakrenuti u jedan od dva ponuđena položaja (na simboličkom prikazu platforme se mogu prepoznati navedena dva položaja). Raspoloživi položaji stabilizatora su mehanički projektirani i fiksni. Ovisno o širini prostora na kojem se želi stabilizirati platforma(i dodatnim drugim okolnostima poput željene visine rada) stabilizatori se postavljaju u jedan od dva položaja.



**Slika 6.      Mehanizam za postavljanje stabilizatora**

Poluga (s crnom kuglom na vrhu) se postavlja u vertikalni položaj – pri tom se potezu izvlači osigurač koji onemogućava pomicanje stabilizatora tijekom transporta. Nakon toga je moguće zakrenuti stabilizator u jedan od dva položaja. Na desnoj slici su prikazana dva provrta od kojih se jedan (po želji) pozicionira tako da se spuštanjem poluge u njega uglati osigurač. U tom trenutku je stabilizator učvršćen i može se kreniti sa stabiliziranjem platforme.

Stabiliziranje platforme se ostvaruje preko 8 ticala. Svaki stabilizator posjeduje razvodnik kojim se njime upravlja, a svaki razvodnik ima po jedno ticalo sa svake svoje strane. Aktivacijom/pritiskom na ticalo s lijeve strane pripadajući stabilizator se izvlači, a aktivacijom/pritiskom na ticalo s desne strane stabilizator se uvlači. Razvodnici su poslagani vertikalno na način da najniži razvodnik upravlja prvim stabilizatorom. Stabilizatori su numerirani na simboličkom prikazu platforme.

Prvo je potrebno dovesti svaki stabilizator u kontakt s podlogom, a zatim izvlačiti jedan po jedan stabilizator (ili više njih odjednom) i pratiti kružnu libelu. Kad se ostvari željeni nagib (0 stupnjeva ili 0,5) onda je postupak stabilizacije/niveliranja gotov.



**Slika 7. Ticala za izvlačenje/uvlačenje stabilizatora**

Niveliranje je postupak u kojem se platforma stabilizira i nivelira. Uvjet za stabilizaciju je potpuno odvajanje „gusjenica“ od podloge. Niveliranje se provodi neprekidnim vizualnim nadzorom kružne libele koja mjeri odstupanje platforme od niveliranog položaja.



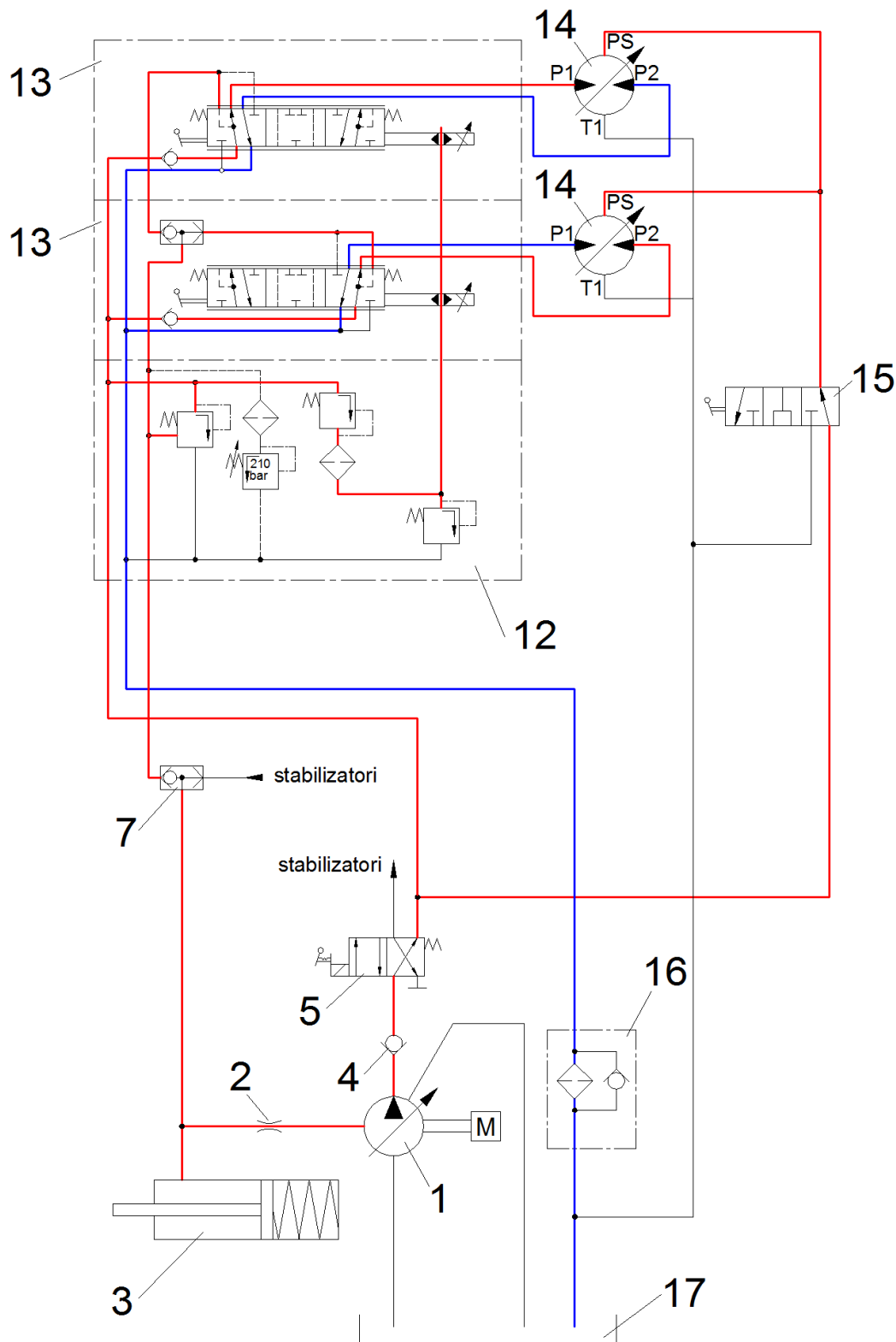
**Slika 8. Kružna libela**



## 2.4. Hidraulička shema

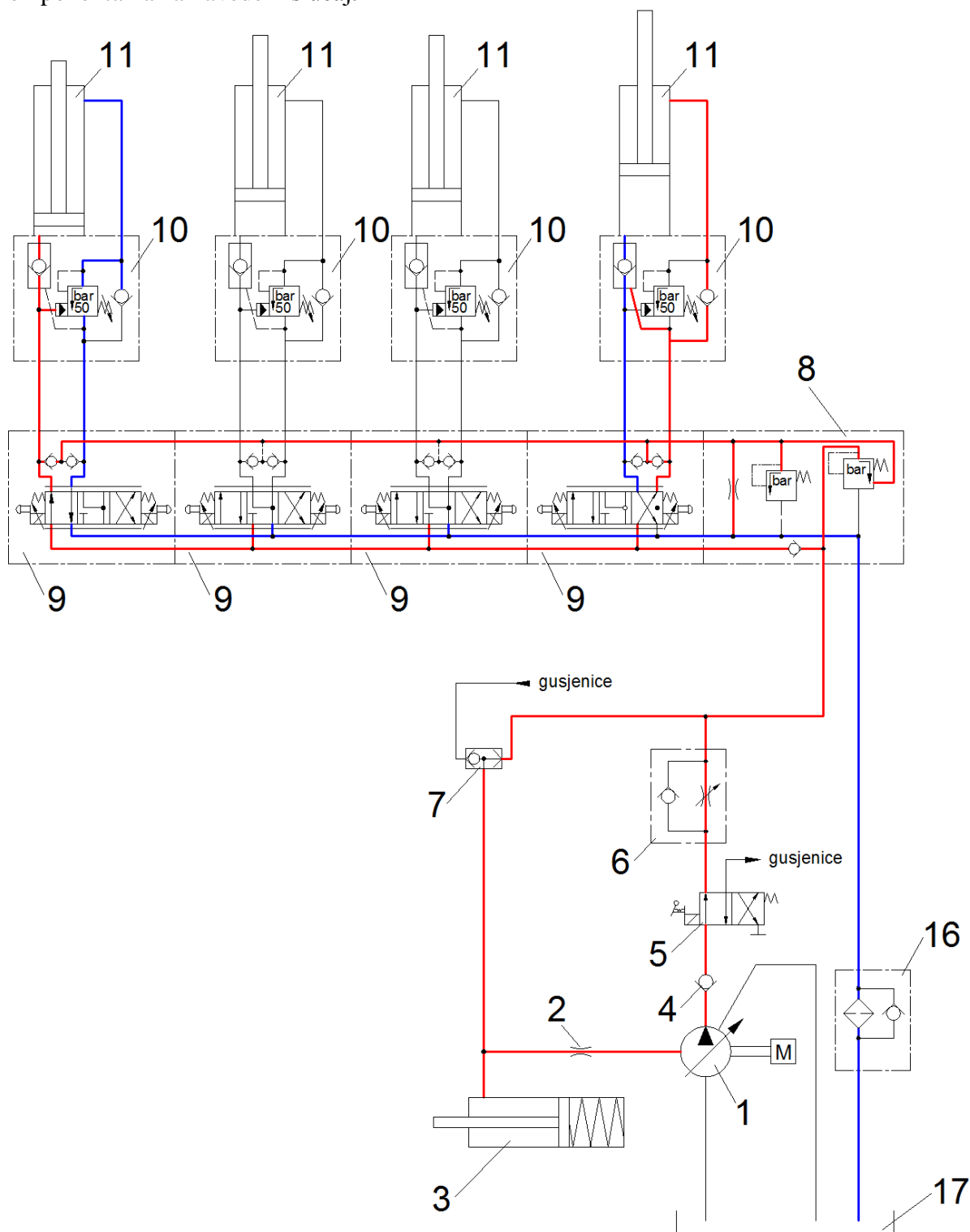
- 1 Aksijalno-klipna pumpa
- 2 Prigušnica (fiksna)
- 3 Jednoradni cilindar
- 4 Nepovratni ventil
- 5 Klasični razvodnik 4/2
- 6 Jednosmjerna prigušnica (varijabilna)
- 7 Naizmjenični („ILI“) ventil
- 8 Tlačna grupa za stabilizatore (dvoradne cilindre)
- 9 Proporcionalni razvodnik 4/3
- 10 Sigurnosni sklop za stabilizator
- 11 Dvoradni cilindar (stabilizator)
- 12 Tlačna grupa za „gusjenice“ (hidrauličke motore)
- 13 Proporcionalni razvodnik 5/3
- 14 Aksijalno-klipni motor
- 15 Klasični razvodnik 3/2
- 16 Filter (i nepovratni ventil)
- 17 Spremnik ulja

Za slučaj rotacije platforme u desnu stranu prikazati ćemo tlakove u vodovima i komponentama. Crvena boja označava visoki tlak, a plava boja niski tlak (povrat). Rotacija u desno podrazumjeva tlak na priključak P1 hidrauličkog motora zaduženog za lijevu „gusjenicu“ i tlak na priključak P2 hidrauličkog motora zaduženog za desnu „gusjenicu“ (za rotaciju u mjestu se gusjenice trebaju rotirati u međusobno suprotne strane – sasvim logično).



Slika 9. Hidraulička shema upravljanja „gusjenicama“

Za primjer upravljanja stabilizatorima je prikazan slučaj izvlačenja stabilizatora 1 i uvlačenja stabilizatora 4 (stabilizatori 2 i 3 miruju). Prikazati ćemo tlakove u vodovima i komponentama za navedeni slučaj.



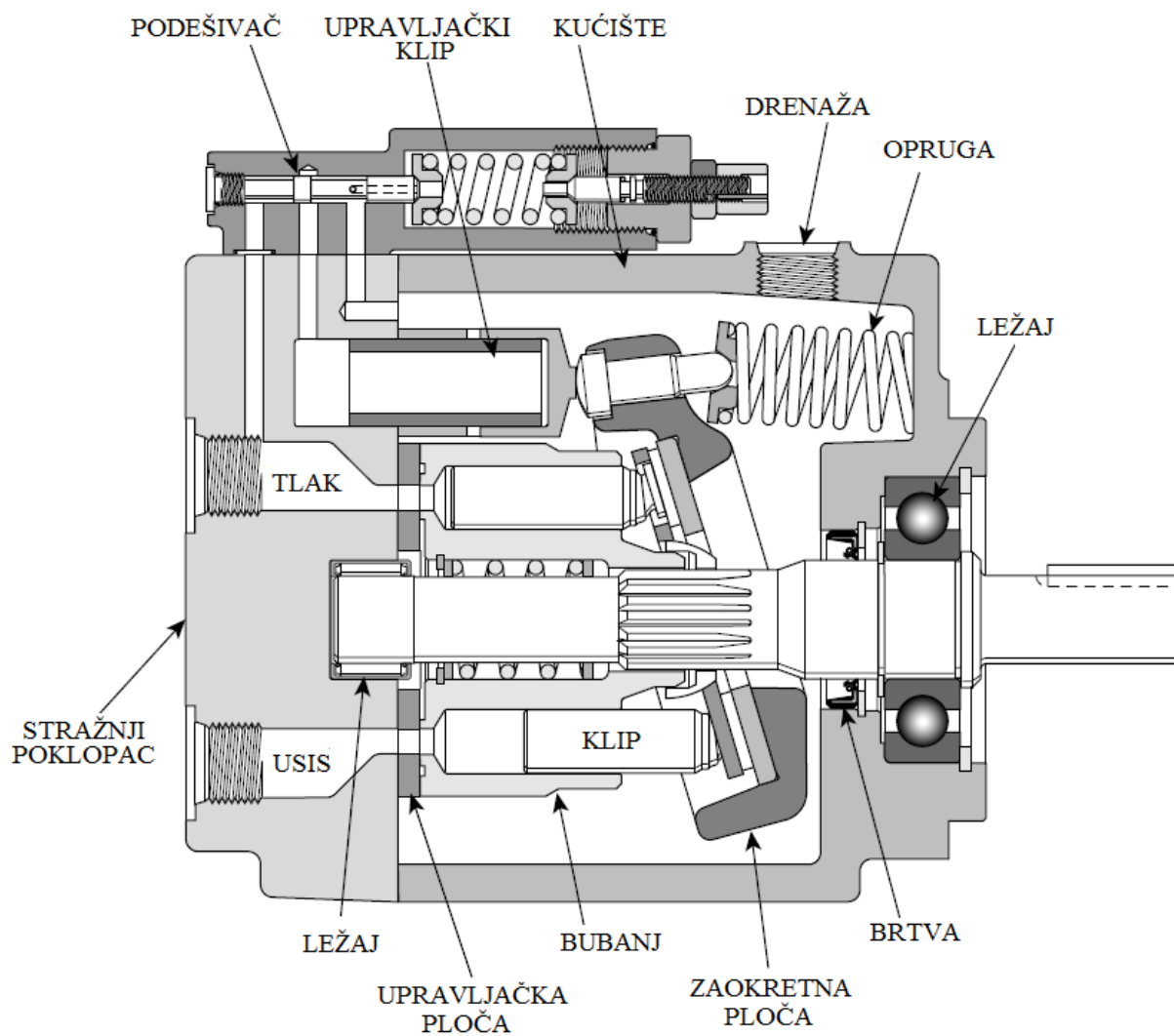
Slika 10. Hidraulička shema upravljanja stabilizatorima

Prethodne dvije slike/scheme su prikazane pojednostavljene u svrhu preglednosti (nije sve detaljno ucrtano kako se „gradi“ tlak jer to bi narušilo preglednost, a ne bi doprinijelo razumijevanju rada sustava).

### 3. NAPAJANJE I IZVRŠNI ELEMENTI

#### 3.1. Hidraulička pumpa

Instalirana pumpa od proizvođača *ParkerPVP23* je aksijalno-klipna sa zaokretnom pločom. Slijedeća slika prikazuje presjek pumpe uz označene sve ključne elemente, a ispod slike su prikazane osnove karakteristike navedene pumpe.

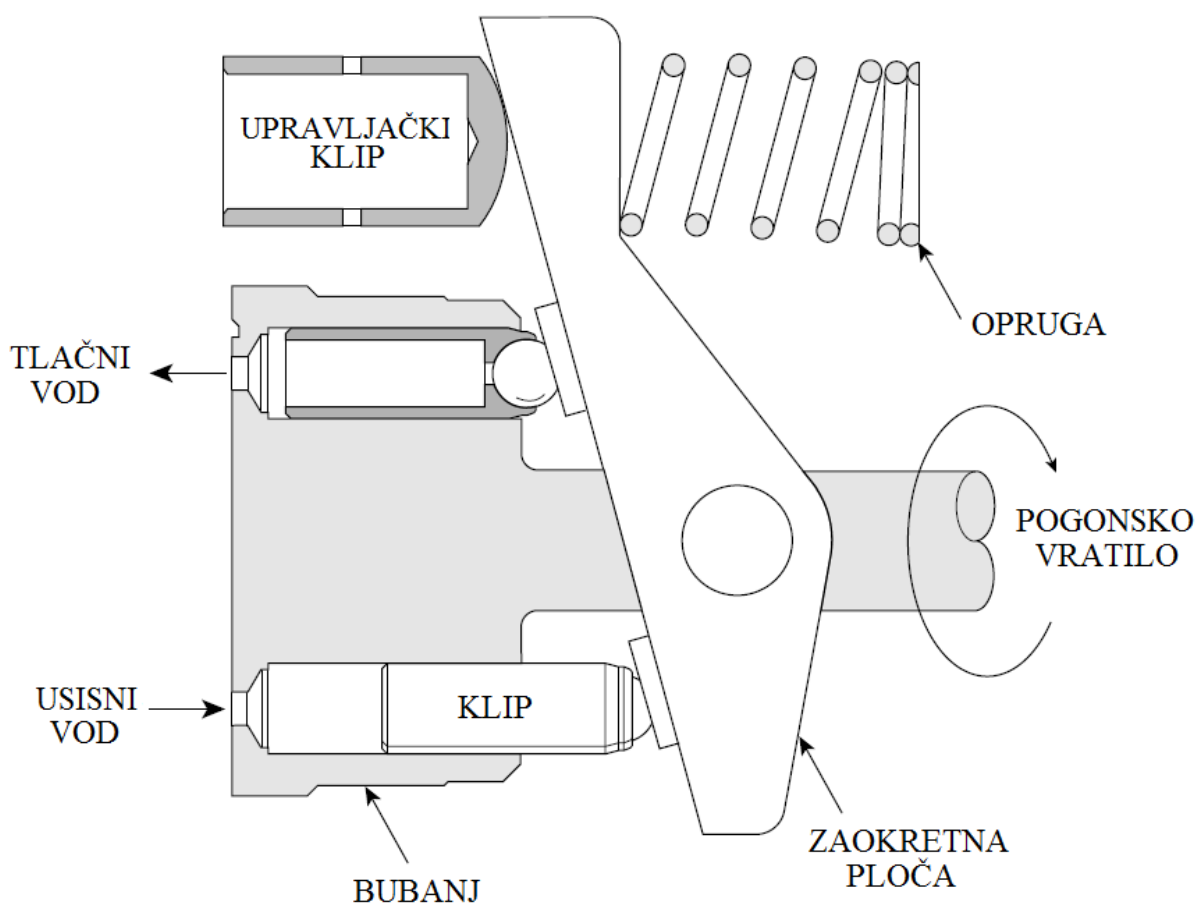


Slika 11. Presjek aksijalno-klipne pumpe

Tablica 2. Karakteristike hidrauličke pumpe [3]

Tlak	248 bar – kontinuirano 310 bar – vršno
Protok	42 l/min
Usis (1800 okr/min)	1,72 bar – maksimum 0,17 bar – minimum
Brzina	600 do 3000 okr/min
Snaga	19,7 kW

Shema pumpe će poslužiti za pojašnjenje principa rada pumpe. Pogonska vratilo, pokretano motorom s unutrašnjim izgaranjem, rotira i zajedno s njim bubanj unutar kojeg su aksijalno postavljeni klipovi. Aksijalno postavljeni klipovi klize po zaokretnoj ploči koja je nepomična. Nagib zaokretne ploče se regulira upravljačkim klipom, a opruga ima funkciju čvrstog održavanja pozicije. Kao što je vidljivo iz slike, klipovi u izvučenom položaju omogućavaju ulaz fluida, a zatim se tokom okreta (pogonskog vratila) uvlače i potiskuju fluid koji zatim izlazi kroz tlačni vod. Promjena volumena pumpe se regulira kutom zaokretne ploče - veći kut rezultira većim volumenom.



Slika 12. Shema aksijalno-klipne pumpe [3]

### 3.2. Hidraulički motor

Hidraulički motor je proizvod tvrtke *KYB MAG 18V-200-1*, a izvedba motora je aksijalno-klipna sa zaokretnom pločom. Hidraulički motor je predviđen za male brzine i srednje/velike okretno momente. Sukladno mogućnosti promjene kuta zaokretne ploče, ovaj hidraulički motor spada u varijabilne hidrauličke motore.

**Tablica 3. Karakteristike hidrauličkog motora [5]**

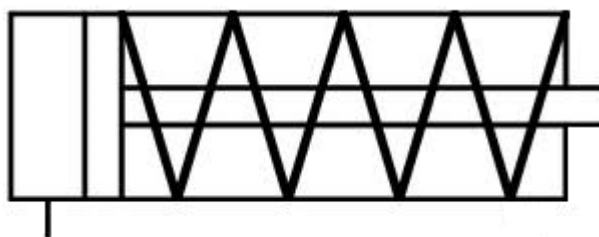
Tlak	210 bar – kontinuirano 245 bar – vršno
Brzina	70 okr/min – maksimum 35 okr/min – minimum
Protok	30 l/min (maksimalno)
Okretni moment	2200 N m (maksimalno)

Princip rada motora je sličan radu pumpe uz nekoliko razlika. Fluid pod tlakom ulazi kroz upravljačku ploču koja miruje i u određenom položaju potiskuje klipove. Okretni moment se prenosi preko bubnja obodnom silom potiskivanja klipova od zaokretne ploče. Bubanj zatim prenosi okretni moment na vratilo. Mehanizam za zaokretanje ploče je jednostavne konstrukcije i omogućuje postavljanje različitih hodova klipova, a s tim i različitih volumena punjenja.

Treba naglasiti kako je u sklopu motora ugrađen reduktor (planetarne izvedbe).

### 3.3. Jednoradni cilindar

Jednoradni cilindar vrši koristan rad u samo jednom smjeru. Bez djelovanja stlačenog fluida opruga vraća klip u prvobitni položaj. U ovom hidrauličnom postrojenju jednoradni cilindar ima funkciju dodavanja „gasa“ motoru s unutrašnjim izgaranjem što u konačnici rezultira povećanjem broja okretaja hidrauličke pumpe. Iz hidrauličke sheme je vidljivo kako se u jednoradnom cilindru tlak pojavljuje u trenutku kad bilo koji od izvršnih elemenata započne s obavljanjem korisnog rada. S ovim se projektnim rješenjem realiziralo nastojanje da pumpa ne radi neprestano u punoj snazi - za vrijeme ne rukovanja s platofmom pumpa radi u praznom hodu. Veličina ovog cilindra je veoma mala jer iznos hoda i snage koji su potrebni za njegovu funkciju su izrazito niski.

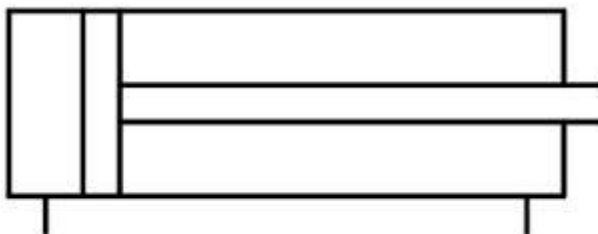


Slika 13. Jednoradni cilindar vraćan oprugom (simbol)

### 3.4. Dvoradni cilindar

Dvoradni cilindar vrši koristan rad u oba smjera. Za ovu platformu je projektiran dvoradni cilindar u izvedbi jednostrane klipnjače. Površina prednje strane klipa je veća od površine stražnje strane klipa i to za iznos površine kružnog presjeka klipnjače. Zbog takve konstrukcije, prilikom izvlačenja klipa brzina je manja, a sila veća nego u povratnom hodu. Takvo svojstvo je za ovu platformu poželjno jer klip u izvlačenju podiže masu platforme dok u uvlačenju ne savladava nikakvu silu osim svoje težine (i trenja).

Kao što je u hidrauličkoj shemi vidljivo, cilindar u svom sklopu sadrži još neke komponente pa je ovdje prikazana slika samo simboličan prikaz. Promjer klipnjače je 50 mm, promjer klipa je 100 mm, vanjski promjer cilindra je 120 mm, a hod klipa je 430 mm. Brzina gibanja klipa je približno 30 mm/s (brzina se smanjuje u uvjetima kad se istovremeno giba nekoliko klipova jer protok fluida kroz pojedini cilindar se smanjuje). Prema izgledu platforme (vidi slike na 2. stranici) vidljivo je da brzina stabilizatora nije jednaka brzini klipa, a razlog je u polužnom mehanizmu kojim je povezan klip sa stabilizatorom.



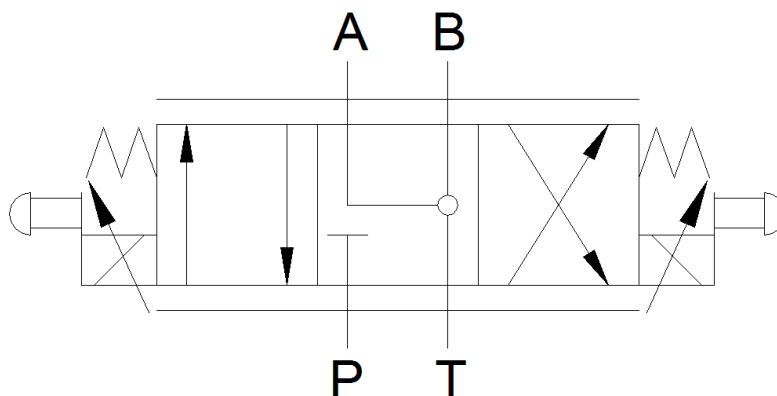
Slika 14. Dvoradni cilindar (simbol)

## 4. UPRAVLJAČKI ELEMENTI

### 4.1. Proporcionalni razvodnik 4/3

Navedeni razvodnik se koristi za upravljanje stabilizatorom. Razvodnikom se upravlja ručnim pritiskom na jedno od dvaju ticala (električno upravljanje se ne koristi u ovom završnom radu). Hod svakog ticala je približno 10 milimetara – veći pomak ticala rezultira većim protokom fluida, a samim time i bržim gibanjem klipa. Prestankom aktivacije ticala, razvodnik se vraća u prvobitni položaj i stabilizator se zaustavlja. U hidrauličkom sustavu su 4 ovakva razvodnika (svaki razvodnik za jedan stabilizator, odnosno dvoradni cilindar).

Središnja pozicija razvodnika je u izvedbi plivajućeg centra, a to omogućava „plivanje“ aktuatora ovisno o teretu. Blokirani priključak napajanja omogućava da funkcioniraju i drugi aktuatori koji suspojani na pumpu. Značajno je da se ne gradi tlak u radnim linijama (obzirom da suspojane na spremnik), pa je moguće nepokretno zaustavljanje aktuatora u nekoj međupoziciji uz pomoć nepovratnih ventila.



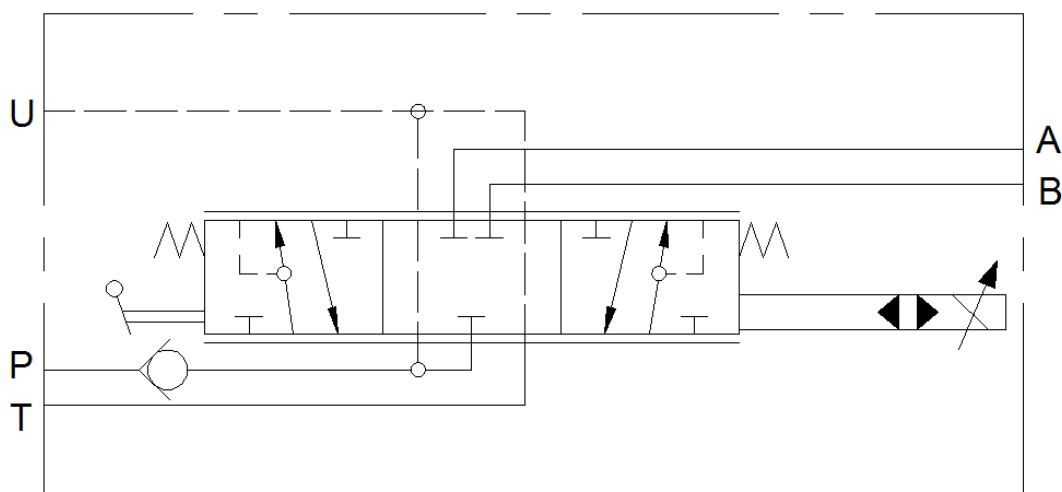
Slika 15. Proporcionalni razvodnik 4/3 (simbol)



#### 4.2. Proporcionalni razvodnik 5/3

Razvodnik 5/3 se nalazi u sklopu koji nudi fizički 5 priključaka - slika simbola prikazuje kako su interno unutar razvodnika spojeni priključci. Na priključke *P* i *T* se spaja napajanje razvodnika i povrat/odvod. Na priključke *A* i *B* se spaja hidraulički motor kojim upravlja razvodnik, a priključak *U* je spojen na „ILI“ ventil kojim se aktivira prebacivanje pumpe iz stanja praznog hoda u rad (može se vidjeti u hidrauličkoj shemi). Razvodnikom se upravlja preko poluge/ručice koja ima približno 20 stupnjeva hoda na svaku stranu. Mali odklon poluge rezultira manjim protokom fluida, odnosno polagano okretanje hidrauličkog motora koji pokreće „gusjenicu“. Povećanjem odklona poluge povećavamo protok i hidraulički motor se okreće brže. U hidrauličkom sustavu su 2 ovakva razvodnika (svaki razvodnik za jednu „gusjenicu“, odnosno hidraulički motor).

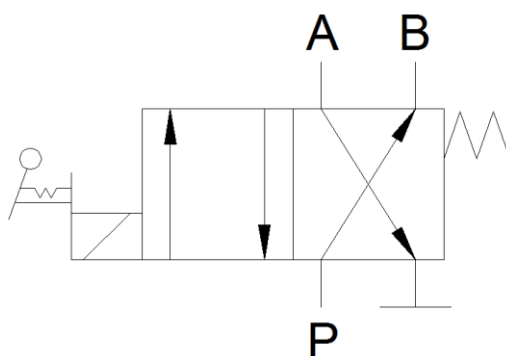
Središnja pozicija razvodnika je u zatvorenoj izvedbi (tzv. potpuno zatvoreni centar). Kratkotrajno se aktuator može zaustaviti u određenoj poziciji, ali zbog propuštanja (curenja) u razvodniku, porasti će tlak u radnim vodovima, i aktuator će se pomicati. Zatvoreni centar omogućava nesmetano gibanje drugom hidrauličkom motoru jer se tlak i protok u potpunosti prenose na razvodnik tog hidrauličkog motora.



Slika 16. Proporcionalni razvodnik 5/3 (simbol)

### 4.3. Klasični razvodnik 4/2

Klasični razvodnik se često naziva i digitalni razvodnik iz razloga što on posjeduje samo dva stanja: uključeno i isključeno. Preko ovog razvodnika operater odabire hoće li fluid usmjeriti na pogon „gusjenica“ ili stabilizatora (vidljivo prema hidrauličkoj shemi). U neutralnom položaju razvodnik preusmjerava fluid od priključka *P* prema *B* na kojem je spojen dio hidrauličkog kruga zadužen za gibanje platforme. Aktivacija razvodnika je preko ručice s uskočnikom što znači da operater ne treba neprestano držati pritisnutu ovu ručicu jer ona se sama održava uključenom. Aktivacijom razvodnika se fluid preusmjerava od priključka *P* prema *A* na koji je spojen dio hidrauličkog kruga zadužen za stabilizaciju, odnosno niveliranje platforme.

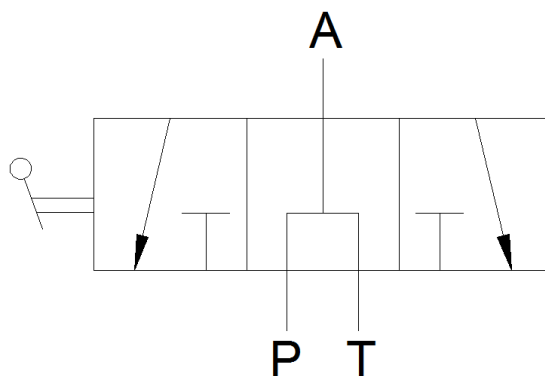


Slika 17. Klasični razvodnik 4/2 (simbol)

### 4.4. Klasični razvodnik 3/3

Ovaj razvodnik je drugačiji od prethodno opisanih po tome što se ne vraća u prvobitni (neutralni) položaj. Nadalje, ovaj razvodnik se koristi za podešavanje jedne od dviju mogućih brzina hidrauličkih motora, odnosno „gusjenica“. Srednji položaj služi samo kao ublaživač pri prijelazu iz lijevog položaja u desni (ili obrnuto) – razvodnik nikad ne ostaje u središnjem položaju. Upravljanje razvodnikom je preko obične poluge dužine 70-ak milimetara koju je za promjenu položaja potrebno zakrenuti za 90 stupnjeva.

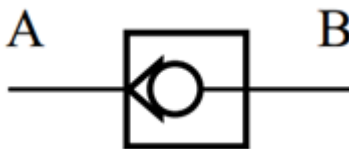
Središte razvodnika je otvoreno (tzv. potpuno otvoreni centar). Protok iz pumpe odlazi u spremnik, a aktuator slobodno pomiče ovisno o opterećenju. Dok je razvodnik u središnjoj poziciji aktuatori ne mogu funkcionirati.



Slika 18. Klasični razvodnik 3/3 (simbol)

#### 4.5. Nepovratni ventil

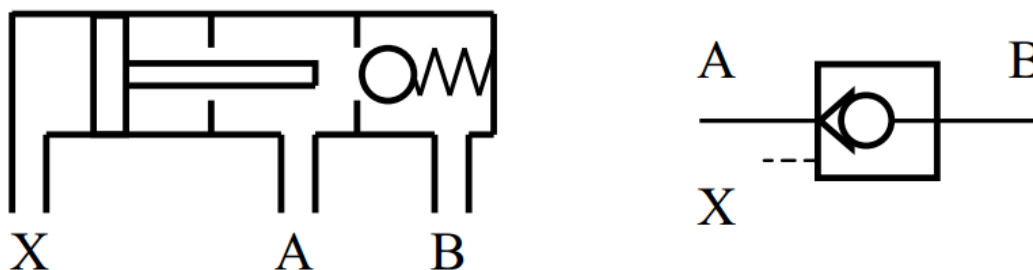
Nepovratni ventil je najjednostavniji element zaporne grupe ventila. Njegova je funkcija da propusti strujanje fluida od A prema B, a u suprotnom smjeru onemogućiti protok.



Slika 19. Nepovratni ventil (simbol)

#### 4.6. Nepovratni ventil s hidrauličkom deblokadom

Nepovratni ventil s hidrauličkom deblokadom spada u grupu zapornih ventila, a koristi se kao osiguranje od neželjenog uvlačenja klipa koje se najčešće manifestira puknućem crijeva, prestankom rada hidrauličke crpke ili nečeg sličnog. Nepovratni ventil s hidrauličkom deblokadom, u ovom projektiranju platforme, je direktno ugrađen u sklop s cilindrom te je time uklonjena mogućnost da pukne crijevo koje spaja cilindar i nepovratni ventil s hidrauličkom deblokadom te se dogodi destabilizacija platforme. Za shvaćanje principa rada ovog ventila će poslužiti shema i kratko objašnjenje.

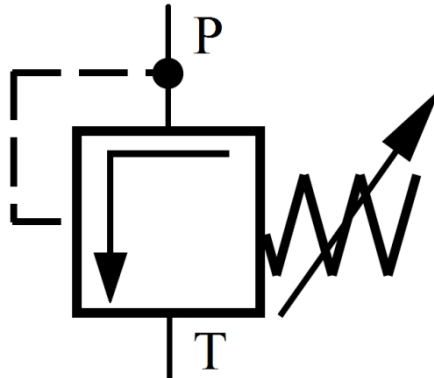


Slika 20. Nepovratni ventil s hidrauličkom deblokadom (shema i simbol)

Crijevo koje bi se inače priključilo direktno na spoj cilindra za njegovo izvlačenje se spaja na priključak A, a priključak B se spaja na cilindar (priključak za izvlačenje). Kao što je iz slike vidljivo, protok od A na B je moguć i on se ostvaruje kad je cilj operatora uvuć klip-tlak se pod upravljanjem operatora dovodi na priključak X koji preko deblokirajućeg klipa omogućiti strujanje fluida od B prema A. Nekontrolirano uvlačenje cilindra nije moguće jer fluid ne može protjecati od B prema A bez tlaka na priključku X.

#### 4.7. Ventil za ograničavanje tlaka

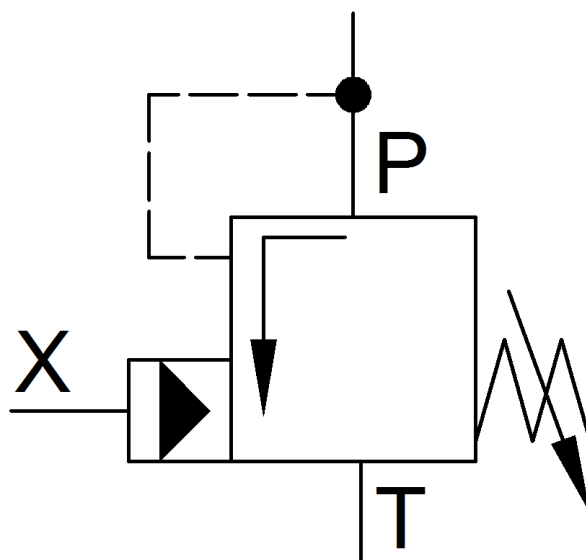
Ventil za ograničavanje tlaka se spaja paralelno na tlačni vod u kojem se želi ograničiti maksimalni iznos tlaka. U mirnom stanju je normalno zatvoren, a porastom tlaka preko zadanog iznosa fluid sepreusmjerava direktno prema spremniku.



Slika 21. Ventil za ograničavanje tlaka (simbol)

#### 4.8. Tlačni ventil

Ovaj tlačni ventil je normalno otvoren i za njegovu aktivaciju su potrebna dva uvjeta: signal/tlak na priključku X i tlak veći od 50 bara na tlačnoj strani (A). Zadani tlak ukapčanja se postavlja preko opruge. Tlačni ventil je spojen na priključak cilindra za izvlačenje i kroz njega fluid prolazi samo prilikom izvlačenja (kad se cilindar uvlači onda fluid ide preko nepovratnog ventila koji je spojen paralelno s tlačnim ventilom). Svrha ovog ventila je onemogućavanje tzv. „propadanja“ klipa stabilizatora uslijed vlastite težine bez prisustva tlaka potrebnog za izvlačenje.

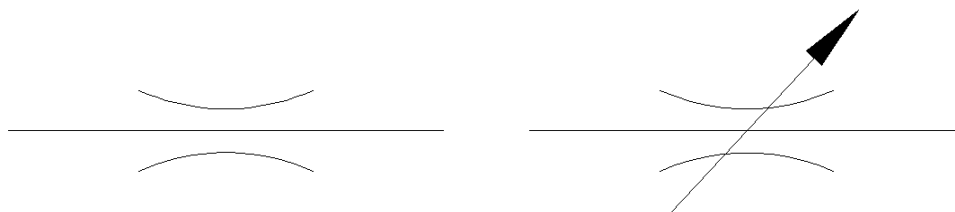


Slika 22. Tlačni ventil (simbol)

#### 4.9. Prigušnica

Prigušnica je hidraulički element kojim se prigušuje protok fluida te se na taj način upravlja brzinom gibanja klipnjače (stabilizatora), odnosno vrtila (hidrauličkog motora). Varijabilne prigušnice za razliku od fiksnih nude mogućnost mijenjanja iznosa prigušenja ovisno o željama (i potrebama) operatera.

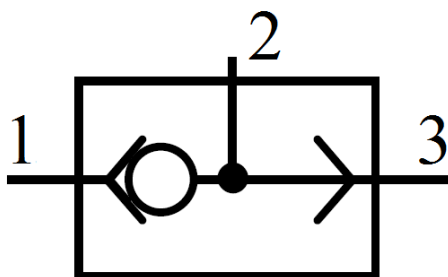
Kad je paralelno prigušnici spojen nepovratni ventil onda je protok fluida prigušen u samo jednom smjeru (smjer prigušenja odgovara smjeru kroz koji nepovratni ventil ne propušta protok fluida).



Slika 23. Fiksni variabilni prigušnik (simbol)

#### 4.10. Naizmjenično zaporni ventil

Naizmjenično zaporni, tzv. „ILI“, ventil je komponenta poznata u svim sektorima tehnike i njegov princip rada je jasan – protok s priključaka 1 ili 3 se preusmjerava na priključak 2. Za ovu hidrauličku platformu, „ILI“ ventil se koristi kako bi se signal opterećenja dvoradnih cilindara (stabilizatora) ili hidrauličkih motora (gusjenica) prenio na jednoradni cilindar koji hidrauličku pumpu pokreće iz stanja praznog hoda u rad.



Slika 24. Naizmjenično zaporni ventil (simbol)

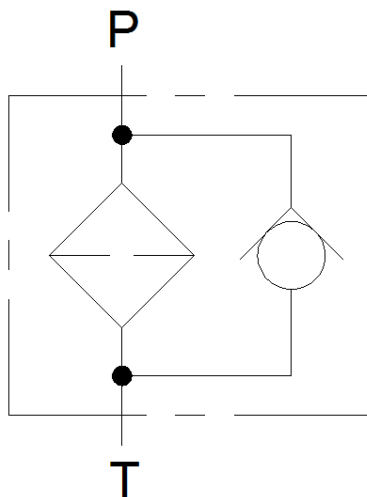
## 5. DODATNI ELEMENTI

### 5.1. Spremnik ulja

Spremnik ulja je pozicioniran iznad pumpe i u njemu je predviđena pohrana hidrauličkog ulja HD 46. Volumen ulja u spremniku je 55 litara, a funkcije spremnika su slijedeće: pohrana dovoljne količine hidrauličkog ulja za nesmetan i pravilan rad cijelog sustava, izdvajanje neželjenih plinova, izdvajanje vode i taloženje nečistoća (na dno spremnika). Spremik na gornjoj strani posjeduje veliki otvor za pregled i čišćenje, a na dnu (konusnog oblika) u najnižoj točki je postavljen čep za ispust ulja. Na spremniku je još prisutan uljokaz prema kojem se prati količina ulja te sukladno uočenom se regulira količina istog.

### 5.2. Filter (sklop)

U projektnom planu je predviđen sklop filtera i nepovratnog ventila u povratnom vodu. Nepovratni ventil ima ugrađenu oprugu koja sprječava protok fluida kroz nepovratni ventil sve do trenutka prekomjernog začepljenja filtera – protok fluida preko nepovratnog ventila je alarmantno upozorenje nužne i brze zamjene filtera. Filter svojom veličinom spada u manje komponente hidrauličkog sustava, ali svojom važnošću nadmašuje većinu drugih komponenti. Bez filtracije fluida drastično se povećavaju šanse od blokiranja mnogih komponenti među kojima su razvodnici najčešće prvi - takvi problemi u pravilu rezultiraju potpunom blokadom daljnjeg korištenja cijelog sustava. Zbog svega navedenog treba redovito provjeravati stanje filtera i periodično vršiti zamjene (u skladu s preporukom proizvođača).



Slika 25. Sklop filtera i nepovratnog ventila (simbol)

## 6. ZAKLJUČAK

Kroz ovaj završni rad se upoznaju temeljne stvari nužne za funkcioniranje jedne mobilne platforme. Kao što je vidljivo, cijelom platformom se upravlja isključivo ručno i to rukom kvalificiranih radnika. Ova dva uvjeta su ujedno i dvije mane jer ručno upravljanje direktno na razvodnike je fizički zamoran posao, a kvalificiranje radnika je proces koji zahtjeva ulaganje vremena i novca.

Zbog gore navednih razloga se projektiranje platforme ne zaustavlja sa završetkom ovog završnog rada. Idući korak je električno upravljanje preko tipkala koje će rezultirati fizički laganim upravljanjem platforme. Drugi korak je integracija PLC-a i automatiziranje nivelacije. Automatiziranje nivelacije će doprinjeti ukidanju potrebne kvalifikacije za rukovanje platformom, a i sami postupak niveliranja će biti brži (to je bitno svojstvo platforme jer u jednoj radnoj smjeni u trajanju od 8 sati može biti i nekoliko desetaka pomicanja platforme što znači i nekoliko desetaka niveliranja). Ova dva koraka su laborirani u završnom radu Zvonimira Lažete.

Naposljetku, cilj je realizirati daljinsko upravljanje platformom. Za takav pothvat će se izraditi jedan sasvim dodatni modul koji će primati bežičnim putem informacije od tzv. privjeska. Privjesak će posjedovati sve aktivacijske funkcije potrebne za upravljanje platformom. Navedeni modul će povećati energetska razinu primljenih informacija/naredbi (s privjeska) te ih slati dalje prema razvodnicima. Razvodnici će onda upravljati hidrauličkim sustavom sukladno zaprimljenim električnim signalima.

Neovisno o gore navednim planovima, postojeće hidrauličko ulje HD 46 će se zamijeniti eko uljem PLANTO HYD 32 S.

Krajnji cilj nakon realizacije cijelog (gore navedenog) projekta je testiranje platforme u svim uvjetima u kojima je predviđen rad s platformom. Elaborirati će se odziv sustava za sve rubne slučajeve te popisati ugrađena oprema. Prema dobivenim podacima će se izraditi dokumentacija koja će biti proizvod ponuđen onim vlasnicima koji žele unaprijediti svoje hidrauličke platforme te postojeće ručno upravljanje nadograditi automatiziranom električnom regulacijom. Takvo unaprijeđenje platforme olakšava njeno korištenje, povećava brzinu rada i povećava kapacitet posla koji se s platformom može obaviti u zadanom vremenu - svedeno na financijske aspekte: raste isplativost rada platforme.

## LITERATURA

- [1] G. Nikolić iJ. Novaković: Hidraulika, Školske novine Zagreb, 2006.
- [2] J. Petrić: Hidraulika, FSB, Sveučilište u Zagrebu, 2012.
- [3] <http://www.parker.com/>
- [4] <http://www.teupen.com/>
- [5] <http://www.kyb.com/>
- [6] <http://www.kubota.com/>



## **PRILOZI**

### **I. Tehnička dokumentacija**

